Ueber die Enden der Nerven im elektrischen Organ der Zitterrochen.

Von

R. Remak.

Seitdem Savi die Verästelung der Nervenfasern auf den durchsichtigen Blättchen der Säulen des elektrischen Organs der Zitterrochen entdeckt hat, liegt die Hoffnung nahe, die Frage nach der Endigung der Nerven zuerst bei diesem Organe zu lösen. Während eines Aufenthalts in Triest (im September 1853) ergriff ich die Gelegenheit, diesen Gegenstand einer Untersuchung zu unterwerfen; doch finde ich erst jetzt Musse, einige Worte darüber zu veröffentlichen.

Valentin behauptete, dass jedes Blättchen „aus einer mittleren Grundmembran und aus zwei auf beiden Seiten der letzteren aufliegenden Epithelialschichten“ bestehe (Wagners Handw. d. Phys. 1. Bd. pg. 254). Er giebt sogar eine Abbildung von diesem Verhalten, nach welcher der Zwischenraum zwischen je zwei Blättchen, das sog. Kästchen, von einem Epithelium ausgekleidet sein soll. Wagner (Abhandl. d. K. Societät d. Wiss. in Göttingen. 1847. pg. 152) wollte sich gleich Savi „nicht bestimmt darüber entscheiden, ob die häutigen Kästchen aus einer oder mehreren Häuten bestehen“. Dennoch schien es ihm, „als wenn allerdings rundum (?) nach aussen (?), also nach innen vom aponeurotischen Ueberzuge der Prismen, eine durchscheinende, fast structurlose Grundmembran, ähnlich wie bei vielen oder allen Drüsen vorhanden wäre, während die Innenfläche von einer sehr zarten, fein granulirten Membran, mit einzeln eingestreuten Kernen

ausgekleidet wird". Es soll überhaupt sehr schwer sein, ein Septum zu isoliren und auszubreiten. Auf derselben Seite heisst es dann: „Begreiflicher Weise besteht jedes Septum aus drei verschmolzenen Platten, nämlich dem Boden eines Kästchens, der Decke des nächst unteren Kästchens und der unteren Schichte, Lamelle, welche als Grundmembran jedes Kästchen äusserlich überzieht und vom Ueberzuge der Prismen stammt." Wagner widerruft darauf seine frühere, an Savi sich anschliessende Angabe von den netzförmigen Verbindungen der Nervenfasern, beschreibt die dichotomischen, mit Verlust der Markscheide verbundenen Verästelungen derselben und sagt schliesslich (pg. 159), dass eine solche Verästelung sich auf beiden Seiten eines Blättchens findet. „Zuweilen aber", fügt er hinzu, „reisst die Membran so, dass am Rande nur eine einfache Schicht von elektrischem Gewebe zurückbleibt, wo man dann auch nur die einfache Schicht von Nervenverästelung findet." Die blassen Nervenfasern lässt er übrigens mit abgebrochenen breiten Aesten endigen, und sagt ausdrücklich, „es bleibe immer noch Raum genug frei, wo man bloss das feinkörnige Parenchym ohne Nervenverästelungen wahrnimmt". Wagner glaubt schliesslich (pg. 160), „soweit unsere jetzigen mikroskopischen Hülfsmittel reichen, die Nervenendigungen und die eigentliche Substanz des elektrischen Organs bis an ihre letzte Grenze verfolgt zu haben".

Fast eben so klar, wie im frischen Zustande, lassen sich die Beobachtungen, welche ich gemacht habe, an den elektrischen Organen von *Torpedo marmorata* anstellen, die ich in Triest in Sublimatlösung 0,2 % oder in Chromsäure 0,2 % macerirt hatte und seitdem theils in Alkohol, theils in einer Mischung von doppeltchromsaurem Kali und Sublimat bewahre. Auch besitze ich eingekittete mikroskopische Präparate, an denen man die hier zu beschreibenden Wahrnehmungen wiederholen kann. Man überzeugt sich bald, dass es gar keine Schwierigkeit hat, einzelne Blättchen zu isoliren und mehrere über einander so zu falten und zu lagern, um ihre Zusammensetzung aus Schichten zu prüfen. Von

einer epithelialen Bekleidung ist freilich keine Spur zu sehen. Dieses negative Ergebniss könnte Bedenken erregen, wenn nicht im Uebrigen der merkwürdige Bau dieser Blättchen an meinen Präparaten so deutlich hervorträte. Namentlich sieht man klar, dass an jedem Blättchen, welches kaum $^1/_{500}$ L. in der Dicke messen dürfte, eine glatte und eine rauhe Seite zu unterscheiden ist. Die Blättchen liegen dicht auf einander, so dass immer die glatte Seite eines Blättchens der rauhen Seite des anderen zugewendet ist. Wenn ich nicht irre, ist die glatte Seite nach oben gewendet. Sie wird durch eine durchsichtige, beinahe glashelle Membran gebildet, welche in grossen regelmässigen Entfernungen runde kernhaltige Höhlen enthält. Diese Membran ist der festeste Theil des Blättchens: denn sie erhält sich, auch wenn durch schlechte Maceration die Nervenschicht verloren geht, welche die rauhe Seite des Blättchens bildet. Wagners Beschreibung und Abbildung ist richtig, soweit sie die stärkeren Fasern betrifft. Allein die blassen Fasern brechen nicht so plötzlich ab, wie Wagner angiebt, sondern sie verästeln sich weit feiner, wie man an allen meinen Präparaten auf den ersten Blick sieht, und die Aeste werden so fein, dass man wohl versucht wird, zu sagen, dass sie dem Auge sich entziehen, und dass zwischen ihnen doch noch ein, wenn auch kleiner von Nerven freier „körniger" Raum übrig bleibt. Allein es bedarf nur eines günstigen Lichtes, um an gut ausgespannten Stücken zu erkennen, dass der ganze scheinbar freie Raum von Nervenverästelungen ausgefüllt ist. Man sieht nämlich kleine runde oder eckige Figuren von kaum $^1/_{800}$ L. und darunter. Verfolgt man die zarten Konturen dieser Figuren, so sieht man, dass sie Aeste der Nervenfasern sind und dass sie nicht geschlossene Ringe bilden, sondern offene, indem die Fäserchen, deren Durchmesser ich auf weit weniger als $^1/_{1500}$ L. schätze, einander ebenso kreuzen, wie es die starken thun, und daher die ähnliche Täuschung hervorbringen, als bildeten sie netzförmige Anastomosen. An den Präparaten, welche ich mit doppeltchromsaurem Kali eingekittet

habe, erscheinen die Zwischenräume zwischen den feinsten Fäserchen stellenweise wie helle runde Bläschen.

So wird die ganze rauhe Seite des Blättchens durch eine Nervenfaserverästelung von einer Feinheit und Dichtigkeit gebildet, wie sie bisher nirgends angetroffen worden ist. Es fragt sich aber nunmehr, wie die feinen Spitzen dieser Fäserchen enden. Zunächst ist zu beachten, dass in dem Maasse, als die kleinen eckigen Ringe, welche den Zwischenräumen zwischen den Endästchen entsprechen, deutlicher hervortreten, auch der Anschein von „Körnchen", welche man sonst zu sehen glaubt, schwindet. So gelangt man schon durch die Flächenansicht zu der Vermuthung, dass das Ansehen von Körnchen entstehe durch knieförmige Umbeugungen der Endfäserchen, welche in senkrechter Richtung der glashellen Membran zustreben. Diese Deutung gewinnt an Boden, sobald man ein Blättchen faltet: alsdann bekommt die Falte den Anschein, als wenn feine Cylinderchen die Dicke des Blättchens bis zur glashellen Membran hin durchsetzten. Hier ist zwar leicht eine Täuschung möglich, insofern die in der Fläche laufenden Fäserchen bei einer gewissen Richtung der Falte ein ähnliches Ansehen werden bedingen können. Allein es scheint die pallisadenähnliche Stellung feiner Stäbchen nach der Dicke des Blättchens zu deutlich und zu beständig, um eine solche Täuschung zuzulassen. Doch bekenne ich, dass mich schon hier meine Mikroskope beinahe im Stich lassen. Denn es handelt sich nunmehr noch darum, zu entscheiden, ob die feinen Stäbchen nichts weiter sind als Fortsetzungen der feinsten Nervenreiser, oder eine neue differente, etwa der Muskelsubstanz ähnliche Masse. Diese Frage muss ich deshalb aufwerfen, weil es mir zuweilen gelingt, die feinen Nervenreiser im Zusammenhange sich ablösen zu sehen und weil alsdann kurze in Körner zerbrechende Stäbchen herausfallen, welche in Festigkeit und lichtbrechenden Eigenschaften sich von den Reisern unterscheiden und wegen ihrer Leichtigkeit zuweilen Molekularbewegung zeigen. Andererseits habe ich einige Male die feinsten Fäserchen mit stösselförmigen Anschwellungen und abgestutzten Enden auf-

hören sehen, ähnlich den Enden der Heinrich Müller-schen radiären Retina-Fasern, welche die Membrana limitans bilden. Beachtenswerth ist jedenfalls, dass ich zuweilen auch auf der glashellen Membran, nach Ablösung der Nerven- und Stäbchenschicht, eine feine matte Zeichnung von kleinen unregelmässigen Ringen oder eckigen Figuren unterscheide.

Erwähnen muss ich noch, dass man bei Verfolgung der feinsten Nervenreiser stellweise auf sternförmige oder spindelförmige mit grossen Kernen versehene Zellen stösst, welche dem Anscheine nach im Laufe der Nervenfasern sich finden. Es ist dies aber dieselbe Täuschung, wie sie einem bekannten Histologen in dem Schwanze der Froschlarve begegnet ist. Die feinen fadigen, zuweilen verästelten Ausläufer jener Zellen hängen nicht mit den Nervenfasern zusammen, und unterscheiden sich überdies zuweilen von ihnen durch grössere Dunkelheit, ja sogar durch variköse Gestalt! Sie scheinen Bindegewebszellen zu sein. Ihr Auftreten in der Schicht, welche fast ganz aus Nervenfasern besteht, macht es wahrscheinlich, dass das Bindemittel der letzteren wahres Bindegewebe ist. Ob dasselbe auch von der durchsichtigen mit kernhaltigen Höhlen versehenen Membran gilt, muss dahingestellt bleiben.

Das Robinsche, nach Matteucci nicht elektrische Organ im Schwanze von *Raja* dürfte sich wenig zu dieser Untersuchung eignen. Es entbehrt nämlich der dünnen Blättchen und hat mit dem elektrischen Organ der Zitterrochen keine andere Aehnlichkeit, als den Reichthum an Theilungen von Nervenfasern in den sehr straffen bindegewebigen Wänden der Kapseln, in welche die grossen Gefässschlingen wie gelappte Drüsen hineinhängen. Nach Beobachtungen und Präparaten, die ich im Jahre 1851 in Helgoland von *Raja clavata* gesammelt, muss ich die Beschreibung dieses Organs von Stannius (Handb. d. Zootomie, Berlin 1854, pg. 120) für ungenau erklären. Die an der Innenfläche der buchtigen nervenreichen Kapselwand befindliche gallertige, von Kernen in regelmässigen Abständen durchsetzte, in Säuren und Al-

kalien aufquellende Schicht scheint mir zwar allerdings contractile Eigenschaften zu besitzen. Denn ist das Thier ganz abgestorben, so erscheint sie ganz homogen. Wird sie aber im frischen Zustande mit Alkohol, Sublimat, Chromsäure behandelt, so zeigt sie ein sehr zierliches Bild von wellenförmigen concentrischen Furchen, so dass die Fläche wie mit Chladnischen Klangfiguren bedeckt erscheint. Durch ihre Schärfe erinnern die Furchen wohl auch an die Querstreifen der Muskelfasern. Aber ein allmäliger Uebergang dieser Substanz in quergestreifte Muskelfasern an der Spitze des Organs, wie Stannius beschreibt, lässt sich nicht nachweisen. Muskeln setzen sich allerdings an die Oberfläche des Organs an, und sobald sie sich verkürzen, werden sich die kolossalen Gefässbäusche in den Höhlen der Kapseln mit Blut füllen; sobald sie dagegen erschlaffen, kann die contractile Gallertschicht den Rücktritt des Blutes aus den Gefässen (vielleicht zum Rückenmark) befördern. Eine von diesem Gesichtspunkte ausgehende neue Untersuchung des Organs würde ein histologisches und physiologisches Interesse darbieten[1]).

---

1) In der inhaltreichen Abhandlung von Wilhelm His: „Beiträge zur normalen u. pathol. Histologie der Cornea“ (Basel 1856), welche ich während des Druckes erhielt, wird behauptet (pg. 60), und zwar in angeblicher Uebereinstimmung mit Kölliker, dass die Nervenfasern der Hornhaut ein „geschlossenes Netzwerk“ bilden. Ich habe diese Nervenfasern seit Jahren verfolgt, aber niemals Netze finden können. Auch sehe ich keinen Grund, die kernhaltigen „Knotenpunkte“ der Fasern für Ganglienzellen zu halten. Im Schwanze der Froschlarve und auf den Blättchen des elektrischen Organs des Zitterrochens sieht man bekanntlich ähnliche der Bindegewebs-Scheide angehörige kernhaltige Anschwellungen an den Verästelungswinkeln der Nervenfasern.

Pages 473-474 missing